



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation⁶:
F02M 15/00

A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/67527**

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE99/01856**

(22) Internationales Anmeldedatum: 25. Juni 1999 (25.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 28 401.2 25. Juni 1998 (25.06.98) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).**

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFFMANN, Christian [DE/DE]; Am Nordheim 5, D-93057 Regensburg (DE). FREUDENBERG, Hellmut [DE/DE]; Mühlweg 13 A, D-93080 Grossberg (DE). GERKEN, Hartmut [DE/DE]; Josef-Geller-Strasse 1, D-93152 Nittendorf (DE). HECKER, Martin [DE/DE]; Römerstrasse 3, D-93336 Laimerstadt (DE). PIRKL, Richard [DE/DE]; Brunhuberstrasse 27, D-93053 Regensburg (DE).**

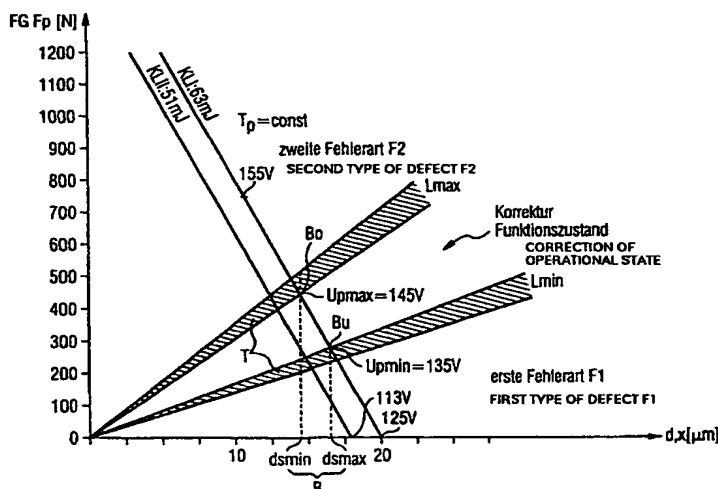
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).**

(81) Bestimmungsstaaten: **BR, CN, CZ, KR, MX, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).**

Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: **PROCESS AND DEVICE FOR CONTROLLING A CAPACITIVE ACTUATOR**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM STEuern EINES KAPAZITIVEN AKTORS**



(57) Abstract

Energy (E) is supplied to a capacitive actuator and the actuator voltage (Up) at the actuator is measured. A conclusion on the state of operation of the actuator or an injection valve, for example its defective or correct operation, is drawn from the energy (E) and the comparison between the actuator voltage (Up) and reference values (Bo; Bu). An actuator lift (ds) is also derived from the actuator voltage (Up). The process is based on regularities represented in a diagram by actuator characteristic curves (KL I; KL II).

(57) Zusammenfassung

Einem kapazitiven Aktor wird eine Energie (E) zugeführt und die am Aktor anliegende Aktorspannung (Up) gemessen. Aus der Energie (E) und dem Vergleich der Aktorspannung (Up) mit Bezugswerten (Bo; Bu) wird auf einen Funktionszustand, z.B. Fehler oder korrekte Funktion des Aktors oder eines Einspritzventils, geschlossen. Weiterhin wird aus der Aktorspannung (Up) auf einen Aktorhub (ds) geschlossen. Dem Verfahren liegen die in einem Diagramm mit Aktorkennlinien (KL I; KL II) gezeigten Gesetzmäßigkeiten zugrunde.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshon	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Steuern eines kapazitiven Aktors.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines kapazitiven Aktors, insbesondere eines piezoelektrischen Aktors für ein Kraftstoffeinspritzventil, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

10

- Ein solches Verfahren und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens ist in der noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung 196 44 521.3 beschrieben. In diesem Verfahren wird einem kapazitiven Aktor eine vorgegebene Energie zugeführt. Dies geschieht durch definiertes Umladen eines Ladekondensators auf den Aktor, wobei der Ladekondensator von einem Anfangsspannungswert auf einen Endspannungswert entladen wird. Alternativ wird durch Messen der am Aktor fließenden bzw. anliegenden Strom- und Spannungswerte die auf den Aktor aufgebrauchte Energie ermittelt.

20

- Es ist Aufgabe der Erfindung, die Steuerung eines kapazitiven Aktors derart durchzuführen, daß eine Diagnose des Funktionszustandes eines Aktors oder eines Kraftstoffeinspritzventils erfolgt.

25

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die im Patentanspruch 1 und Patentanspruch 9 genannten Merkmale gelöst.

- 30 Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, den Funktionszustand mit einfachen Mitteln schnell und sicher zu erkennen. Auch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren, unterschiedliche Fehlerarten zu unterscheiden, z.B. ein nicht mehr Öffnendes oder ein nicht mehr schließendes Kraftstoffeinspritzventil.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, aus einem auf den Aktor aufgebrauchten Energiewert und einer am Aktor gemessenen Aktorspannung auf die Auslenkung des Aktors und damit auf den Funktionszustand des Aktors oder des Kraftstoffeinspritzventils zu schließen.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

10

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert; es zeigen:

- Figur 1 ein Diagramm mit Aktorkennlinien,
- 15 Figur 2 eine Anordnung eines Ausführungsbeispiels,
- Figur 3 ein Flußdiagramm, betreffend die Arbeitsweise der Anordnung nach Figur 2.

In Figur 1 ist ein Diagramm mit Aktorkennlinien und Lastlinien aufgeführt. Auf die Ordinate ist eine von einem Aktor P erzeugte Aktorkraft F_p und eine auf einen Lastkörper wirkende Lastkraft F_l aufgetragen. Ein Ausbildungsbeispiel eines Lastkörpers ist z.B. eine Düsenadel eines Kraftstoffeinspritzventils, die von einem Aktor P angesteuert wird. Auf die Abszisse ist ein Aktorhub s eines Aktors P und eine Lastauslenkung x aufgetragen, um die ein Lastkörper durch die auf ihn wirkende Lastkraft F_l ausgelenkt wird.

Jede der dargestellten, durch den Nullpunkt gehenden Lastlinien, z.B. L_{min} und L_{max} , zeigt eine lineare Abhängigkeit der Lastauslenkung x von der Lastkraft F_l , wobei jeder Lastkörper durch seine Körperform und seine Federeigenschaften, z.B. einen hohlzylinderförmiger Metallkörper mit vorgegebenen Elastizitätsmodul, charakterisiert ist. Bei anderen Ausbildungen der Lastkörper treten nichtlineare Abhängigkeiten auf,

35

z.B. bei Lastkörpern, die aus mehreren übereinander geschichteten Körpern mit unterschiedlichen Elastizitätsmodulen bestehen, die wie in Serie geschaltete Federn mit unterschiedlichen Federkonstanten wirken oder z.B. bei dynamischen bewegten Lastkörpern.

Der Aktor P und der Lastkörper sind mechanisch miteinander verkoppelt, der Schnittpunkt einer Lastlinie mit einer Aktorkennlinie definiert somit einen Arbeitspunkt des Aktors P.

10

Jede der Aktorkennlinien KL I und KL II zeigt die für einen piezoelektrischen Aktor P typische Abhängigkeit der Aktorkraft F_p vom Aktorhub d_s bei einer vorgegebenen, dem Aktor P zugeführten Energie E. Die Kennlinie KL I weist im Ausführungsbeispiel 63 mJ auf, die Kennlinie KL II 51 mJ. Die am Aktor P gemessene Aktorspannung U_p ist abhängig vom Aktorhub d_s und der Aktorkraft F_p . Der Aktor P weist z.B. bei einer auf den Aktor aufgebrauchten Energie $E=63$ mJ bei einer gemessenen Aktorspannung $U_p=125$ V einen Aktorhub von $d_s=20\mu\text{m}$ und eine Aktorkraft von $F_p=0$ N auf, wie anhand der Kennlinie KL I abzulesen ist.

15

20

Die in Figur 1 beispielhaft dargestellten Gesetzmäßigkeiten werden in der Erfindung angewandt. Liegt der Aktorhub d_s in einem vorgegebenen Band B mit einem unteren Bezugswert B_u und einem oberen Bezugswert B_o als unterer und oberer Rand des Bandes B, wird auf einen korrekten Funktionszustand des Aktors P oder des Kraftstoffeinspritzventils geschlossen. Die Ränder des Bandes entsprechen z.B. dem im Kraftstoffeinspritzventil zulässigen Minimalhub d_{smin} bzw. dem zulässigen Maximalhub d_{smax} . Liegt der Aktorhub d_s außerhalb des Bandes B, wird auf einen Fehler der ersten Fehlerart F1 ($d_s > d_{smax}$) bzw. der zweiten Fehlerart F2 ($d_s < d_{smin}$) geschlossen. Der Aktorhub d_s wird aus der gemessenen Aktorspannung U_p aus einer der vorgegebenen Aktorkennlinien ermittelt.

25

30

35

Die Bezugswerte B_u und B_o stellen Arbeitspunkte des Aktors P dar und werden ermittelt, indem die für die Fehlerarten typischerweise auftretenden Lastkräfte F_l theoretisch oder experimentell simuliert werden und den so ermittelten Arbeitspunkten des Aktors P Bezugswerte zugeordnet werden.

Der Bereich der Ränder des Bandes B weist einen Toleranzbereich T auf, in welchem der Funktionszustand nicht sicher erkannt wird. Um eine sichere Diagnose des Funktionszustandes zu gewährleisten, werden die Ränder des Bandes B so gewählt, daß innerhalb des Bandes B ein korrekter Funktionszustand gewährleistet ist. Wird ein Aktorhub ds ermittelt, der außerhalb des Bandes B im Toleranzbereich T liegt, werden zusätzliche Meßgrößen M über den Betriebszustand aufgenommen, z.B. Motorgeräusche, die zusammen mit dem Aktorhub ds eine sichere Ermittlung des Funktionszustandes ermöglichen.

Die Unterteilung in eine erste Fehlerart F_1 , eine zweite Fehlerart F_2 und weitere Fehlerarten ermöglicht eine grobe Klassifizierung der in einem Kraftstoffeinspritzventil auftretenden Fehlerarten. In einem Ausführungsbeispiel weist die erste Fehlerart F_1 auf einen Bruch einer Aktorfeder hin und die zweite Fehlerart F_2 auf ein Klemmen der an den Aktor P angeschlossenen Mechanik. Eine Unterteilung in weitere Fehlerarten wird durch jeweiliges Zuordnen von zusätzlichen Fehlerarten zu einem oder mehreren, die Fehlerart charakterisierenden Bezugswerten erreicht.

Die für das erfindungsgemäße Verfahren benötigten Aktorkennlinien, Bezugswerte und entsprechenden Fehlerarten werden experimentell ermittelt, z.B. auf einem Motorprüfstand, und werden in einem Steuergerät ST (Figur 2) als Kennfeld KF abgelegt.

5

Alternativ kann das Verhalten des piezoelektrischen Aktors näherungsweise anhand eines Modells dargestellt werden, es gilt:

5 $ds = f(k, E, Up)$

ds ist der Aktorhub des Aktors P,

E ist die auf den Aktor P aufgebrauchte Energie,

Up ist die am Aktor gemessene Aktorspannung,

10 k ist eine Aktorkonstante, die die mechanischen und elektrischen Eigenschaften des Aktors beschreibt.

Zusätzlich werden die in der Anordnung zum Steuern eines Aktors nach Figur 2 auftretenden Verluste in den Bauelementen
15 gemessen und entsprechende Korrekturfaktoren zum Ausgleich der Verluste ermittelt und im Kennfeld KF gespeichert.

Da ein piezoelektrischer Aktor P temperaturabhängige Eigenschaften aufweist, ändert sich das in den Aktorkennlinien
20 dargestellte Verhalten des Aktors P bei einer Änderung der Aktortemperatur Tp. Eine Temperaturkompensation erfolgt durch Anpassen der Bezugswerte mittels Korrekturfaktoren, die im Kennfeld KF abgespeichert sind.

25 Das Kennfeld KF dient bei einem Steuervorgang nach Figur 3 als Datenbasis zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Figur 2 ist eine Anordnung zum Steuern eines kapazitiven
30 Aktors P nach dem Verfahren nach Figur 3 mit dem Steuergerät ST und einer daran angeschlossenen Ansteuerschaltung As dargestellt, wobei das Steuergerät ST Teil eines weiter nicht dargestellten mikroprozessorgesteuerten Motorsteuergerätes sein kann.

Die Ansteuerschaltung As weist einen Ladekondensator C auf, der über einen am Pluspol + liegenden Hauptschalter X1 mit einer Energiequelle V verbunden ist und dem eine Reihenschaltung aus einer mit dem Hauptschalter X1 verbundenen Umschwingspule L und einem mit dem Minuspol GND verbundenen Hilfsschalter X2 parallel liegt. Parallel zum Hilfsschalter X2 liegt eine Reihenschaltung aus

- einer Parallelschaltung eines zur Umschwingspule L hin stromdurchlässigen Entladeschalters X4 und einer von der Umschwingspule L weg stromdurchlässigen Ladeschalters X3 und
- einer Parallelschaltung des Aktors P mit einer Diode D, die in Richtung zum Minuspol GND hin stromdurchlässig ist.

Das Steuergerät ST weist ein Kennfeld KF mit Aktorkennlinien und mit Korrekturfaktoren zum Ausgleich von temperaturbedingten Änderungen des Aktorverhaltens und zum Ausgleich der Verluste in der Ansteuerschaltung As auf. Das Steuergerät ST steuert die Schalter X1 bis X4 anhand eines intern ablaufenden, von Eingangssignalen abhängigen Programmes mit den in Figur 3 beschriebenen Arbeitsschritten, wobei dem Steuergerät ST als Eingangssignale die Aktorspannung Up, ein Ansteuersignal sta, die Meßgrößen M und die z.B. von einem Temperatursensor ermittelte Aktortemperatur Tp zugeführt wird.

Anhand des in Figur 3 gezeigten Flußdiagramms wird ein in der Anordnung nach Figur 2 ablaufender Ansteuervorgang beschrieben, ausgehend von einem Anfangszustand (Zustand I), in welchem sämtliche Schalter X1 bis X4 nichtleitend sind (symbolisiert im Flußdiagramm durch $X1 \text{ bis } X4 = 0$) und die Umschwingspule L stromlos ist.

Mit Beginn des Steuersignals $sta=1$ (Zustand II) wird ein Ansteuervorgang ausgelöst, der den Aktor P mit einer vorgegebenen

nen Energie E lädt (Zustand III). Dazu wird beispielsweise der auf eine Maximalspannung aufgeladene Ladekondensator C bis zum Erreichen einer Minimalspannung über die Umschwingspule L auf den Aktor P umgeladen. Dann wird der Umladevorgang beendet (Zustand IV) und die Aktorspannung U_p gemessen, aus dessen Abweichung von Bezugswerten U_{pmin} und U_{pmax} auf den Funktionszustand des Aktors P oder des Kraftstoffeinspritzventils geschlossen wird. Unterschreitet die Aktorspannung U_p den minimalen Bezugswert U_{pmin} oder überschreitet sie den maximalen Bezugswert U_{pmax} , wird auf die erste Fehlerart F1 (Zustand V) bzw. auf die zweite Fehlerart F2 geschlossen (Zustand VI). Liegt die Aktorspannung U_p zwischen den Bezugswerten U_{pmin} und U_{pmax} , wird auf einen korrekten Funktionszustand geschlossen. Mit Ende des Steuersignals $sta=0$ (Zustand VII) wird der Aktor P entladen (Zustand VIII), worauf er bereit für einen neuen Ansteuervorgang ist (Zustand IX).

In einer weiteren Ausbildungsform der Erfindung werden während des Umladevorgangs und/oder des Entladevorgangs kontinuierlich oder zumindest zu einigen Zeitpunkten die aktuelle Energie E und die entsprechende Aktorspannung U_p gemessen. Die Energie E kann z.B. durch Messen der Kondensatorspannung U_c oder durch Multiplikation des durch den Aktor P fließenden Stromwertes mit dem Wert der Aktorspannung U_p und der Integration des Multiplikationsergebnisses über die Zeit des Auflade- oder Entladevorgangs ermittelt werden. Mehrere Messungen der Energie E und der Aktorspannung U_p ermöglichen vorteilhaft eine schnelle und differenzierte Ermittlung des Funktionszustandes.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Aktorspannung U_p nach dem Entladevorgang des Aktors P (Zustand VIII) zu messen. Überschreitet die Aktorspannung U_p einen weiteren Bezugswert, wird auf eine weitere Fehlerart geschlossen, z.B. auf ein Klemmen des Aktors P im ausgelenkten Zustand. Der Entladevor-

gang ist nämlich zu kurz, um die internen Umladevorgänge im ausgelenkt bleibenden, hochohmigen Aktor P vollständig durchzuführen, daher verbleibt eine Restspannung auf dem Aktor P.

- 5 Die Temperaturabhängigkeit des Aktors P wird kompensiert, indem der untere Bezugswert Bu und der obere Bezugswert Bo oder andere Bezugswerte anhand der im Kennfeld KF des Steuergerätes ST abgelegten Korrekturfaktoren geändert werden.
- 10 Der Aktor P steuert in einem Kraftstoffeinspritzventil die Kraftstoffzufuhr in den Brennraum der Brennkraftmaschine. Das oben beschriebene Verfahren und die Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nimmt somit vorteilhaft auch während des Betriebs einer Brennkraftmaschine bei jedem Einspritzvorgang
- 15 Diagnosefunktionen wahr, wodurch im Fehlerfall schnell geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Z.B. folgt beim ersten Fehlerfall F1, daß das Ventil nicht mehr schließt und Kraftstoff kontinuierlich in den Brennraum fließt. Durch Abschalten der Kraftstoffzufuhr des Zylinders mit dem fehler-
- 20 haften Kraftstoffeinspritzventil oder durch Abschalten mehrerer Zylinder zum Beibehalten eines vibrationsarmen Motorlaufes kann Schaden vom Motor abgewendet werden und das Fahrzeug aus eigener Kraft die nächste Werkstatt erreichen.
- 25 Zum Optimieren der Einspritzvorgänge in einem Kraftstoffeinspritzventil, z.B. in der Entwicklungs- oder Testphase, wird das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt, um dadurch vorteilhaft Rückschlüsse auf die internen Abläufe während eines Ansteuervorgangs zu ziehen. Weiterhin kann das Verfahren in
- 30 der Fertigung am Bandende zur Endkontrolle eingesetzt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in anderen Einsatzgebieten eingesetzt werden, z.B. zur Diagnose des Funktionszustandes in piezoelektrischen Stellmotoren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines kapazitiven Aktors (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß eine auf den Aktor (P) aufgebrachte Energie (E) ermittelt und eine dazugehörige, am Aktor (P) anliegende Aktorspannung (U_p) gemessen wird, und
10 daß aus der Energie (E) und der Aktorspannung (U_p) auf einen Funktionszustand geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß aus der Energie (E) und der Abweichung der Aktorspannung
15 (U_p) von wenigstens einem Bezugswert (B_u ; B_o) auf einen Funktionszustand geschlossen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
20 daß
 - bei einer zwischen einem unterem Bezugswert (B_u) und einem oberen Bezugswert (B_o) liegenden Aktorspannung (U_p) auf einen korrekten Funktionszustand,
 - bei einer den unteren Bezugswert (B_u) unterschreitenden
25 Aktorspannung (U_p) auf eine erste Fehlerart (F_1), und
 - bei einer den oberen Bezugswert (B_o) überschreitenden Aktorspannung (U_p) auf eine zweite Fehlerart (F_2) geschlossen wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Werte der Energie (E) und der dazugehörigen Aktorspannung (U_p) ermittelt werden und aus ihnen auf einen Funktionszustand geschlossen wird.

10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

daß die Bezugswerte (Bu, Bo) in Abhängigkeit einer Aktortemperatur (Tp) geändert werden.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß den Fehlerarten zugeordnete Arbeitspunkte des Aktors (P) erfaßt werden und daraus Bezugswerte (Bu; Bo) ermittelt werden.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

daß aus zusätzlichen Meßgrößen (M), insbesondere aus dem Eigengeräusch der Brennkraftmaschine, auf einen Funktionszustand geschlossen wird.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

daß aus der Energie (E) und der Aktorspannung (Up) auf einen Aktorhub (ds) geschlossen wird.

20

9. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch

eine Ansteuerschaltung (As), die einen Ladekondensator (C) aufweist, der über einen Hauptschalter (X1) mit einer Energiequelle (V) verbunden ist und dem eine Reihenschaltung aus einer mit dem Hauptschalter (X1) verbundenen Umschwingspule (L) und einem Hilfsschalter (X2) parallel liegt, wobei parallel zum Hilfsschalter (X2) eine Reihenschaltung liegt aus

25

30

- einer Parallelschaltung eines Entladeschalters (X4) und eines Ladeschalters (X3) und

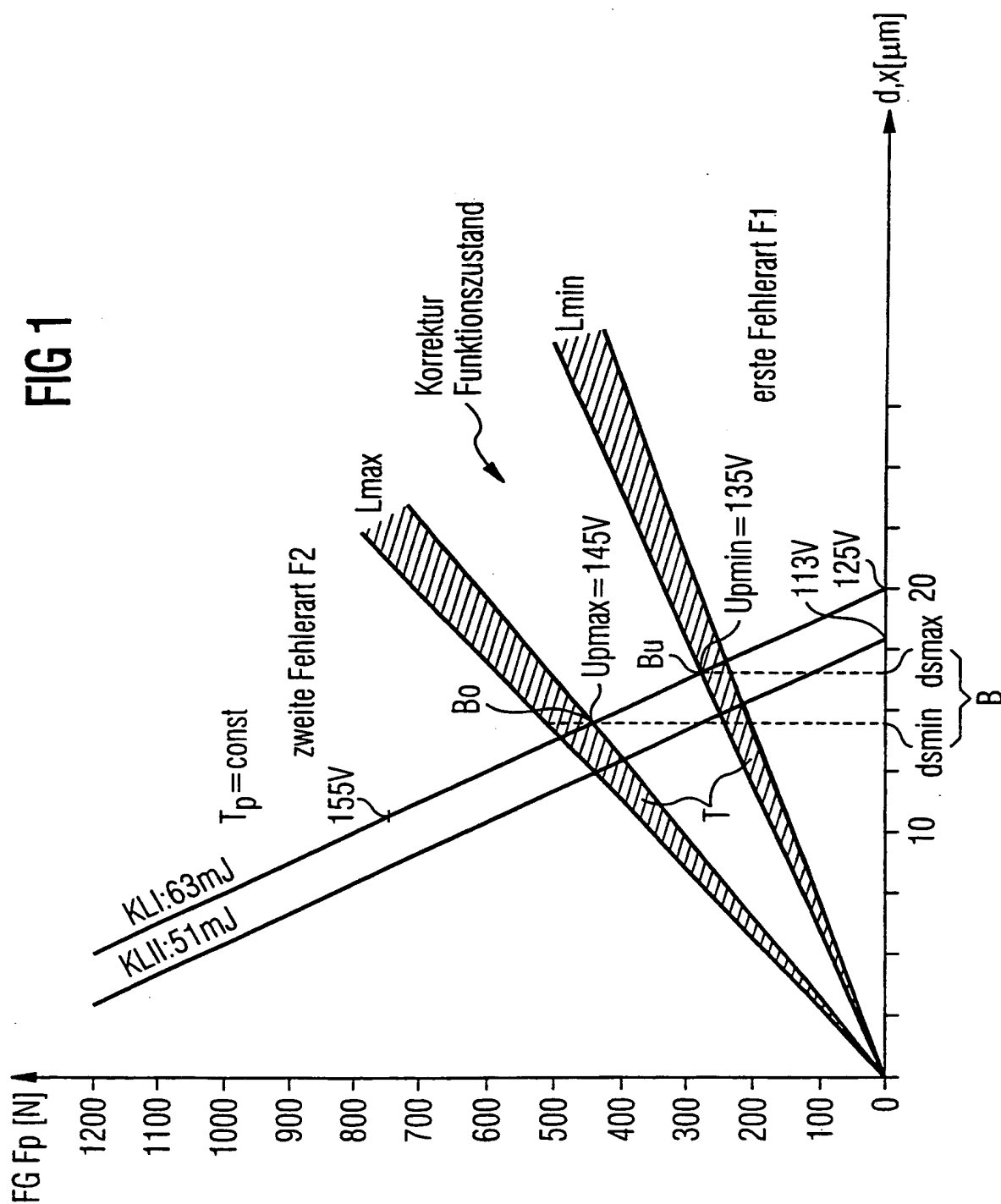
- einer Paralleschaltung des Aktors (P) mit einer Diode (D), die in Richtung zum Minuspol (GND) hin stromdurchlässig ist,

ein Steuergerät (ST), das die Ansteuerschaltung (As) ansteuert und das ein Kennfeld (KF) aufweist, das
5 Aktorkennlinien (KL I; KL II; ...), Bezugswerte (Bu; Bo) und Korrekturfaktoren, vorzugsweise zur Temperaturkompensation und zur Kompensation der Verluste der Bauelemente der Ansteuerschaltung (As), aufweist,

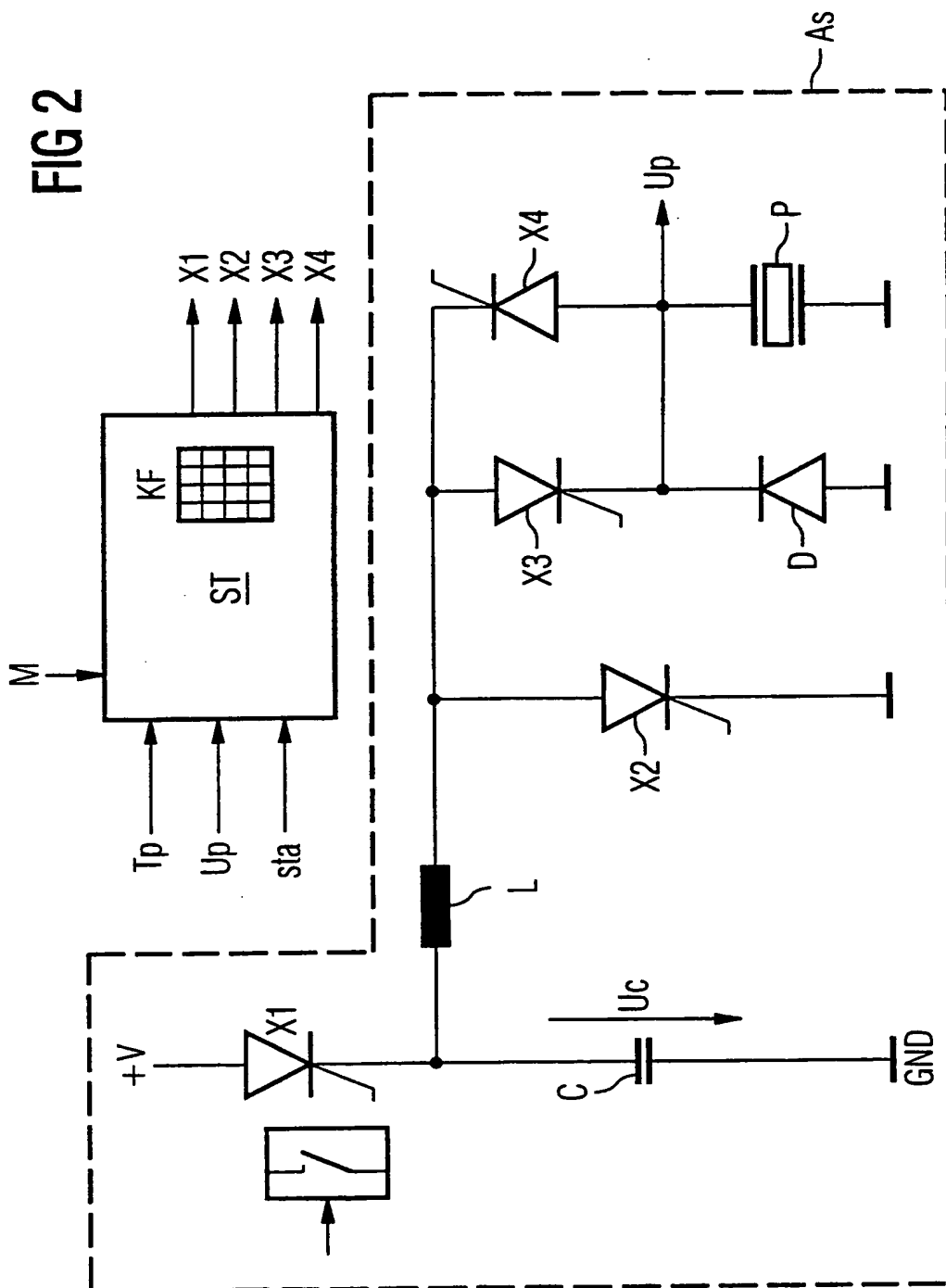
- 10 wobei das Steuergerät (ST) die Schalter (X1) bis (X4) anhand eines intern ablaufenden, von Eingangssignalen und von Kennlinien des Kennfeldes (KF) abhängigen Programmes steuert, und dem Steuergerät (ST) als Eingangssignale die Aktorspannung (Up), die Aktortemperatur (Tp), weitere Meßgrößen (M) und ein Ansteuersignal (sta) zugeführt werden.
15

1/3

FIG 1

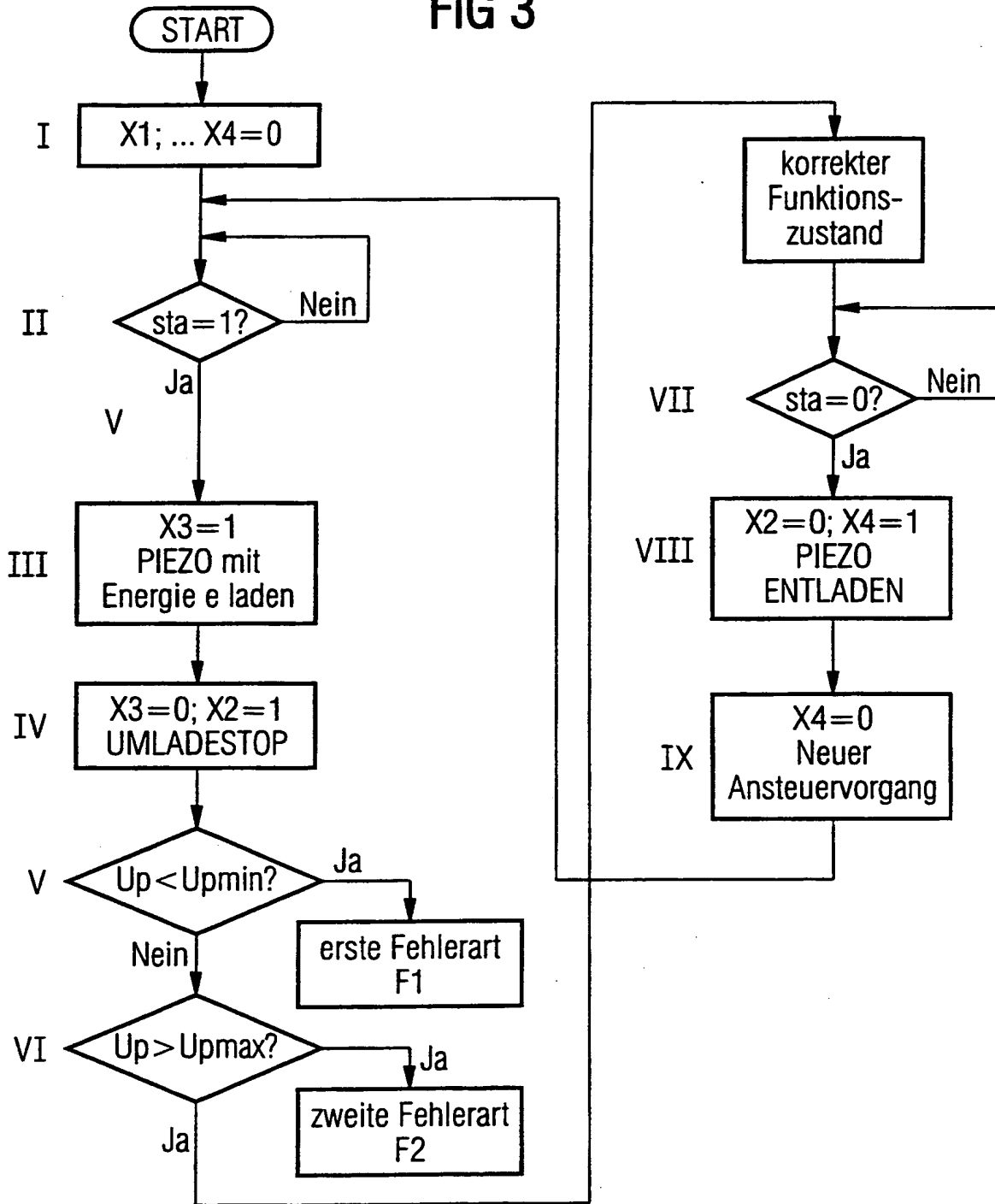


2/3



3/3

FIG 3





**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**

Energy (E) is supplied to a capacitive actuator and the actuator voltage (Up) at the actuator is measured. A conclusion on the state of operation of the actuator or an injection valve, for example its defective or correct operation, is drawn from the energy (E) and the comparison between the actuator voltage (Up) and reference values (Bo; Bu). An actuator lift (ds) is also derived from the actuator voltage (Up). The process is based on regularities represented in a diagram by actuator characteristic curves (KL I; KL II).

(57) Zusammenfassung

Einem kapazitiven Aktor wird eine Energie (E) zugeführt und die am Aktor anliegende Aktorspannung (Up) gemessen. Aus der Energie (E) und dem Vergleich der Aktorspannung (Up) mit Bezugswerten (Bo; Bu) wird auf einen Funktionszustand, z.B. Fehler oder korrekte Funktion des Aktors oder eines Einspritzventils, geschlossen. Weiterhin wird aus der Aktorspannung (Up) auf einen Aktorhub (ds) geschlossen. Dem Verfahren liegen die in einem Diagramm mit Aktorkennlinien (KL I; KL II) gezeigten Gesetzmäßigkeiten zugrunde.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 99/01856A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER ⁶:

IPC6 : H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: H01L B41J G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	DE 198 04 196 A (SIEMENS AG) 12 August 1999 (12.08.99) column 2, line 33 -column 3, line 19 ---	1, 2, 6
A	US 5 097 171 A (SUZUKI YUTAKA ET AL) 17 March 1992 (17.03.92) column 7, line 1- column 8, line 23 ---	1, 2
A	US 5 578 761 A (CLARK JR ROBERT L ET AL) 26 November 1996 (26.11.96) column 2, line 11 - line 43 column 8, line 41 - column 9, line 10 ---	1
A	US 5 499 541 A (HOPF GERALD ET AL) 19 March 1996 (19.03.96) column 4, line 63 - column 5, line 33 ---	1
- /		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
4 November 1999 (04.11.99)Date of mailing of the international search report
11 November 1999 (11.11.99)Name and mailing address of the ISA /
Facsimile No. European patent officeAuthorized officer
Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/DE 99/01856

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 5 376 854 A (OOUCHI YOSHITO) 27 December 1994 (27.12.94) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/01856

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19804196 A	12-08-1999	WO 9940408 A	12-08-1999
US 5097171 A	17-03-1992	NONE	
US 5578761 A	26-11-1996	NONE	
US 5499541 A	19-03-1996	DE 4324692 A	26-01-1995
		JP 7077466 A	20-03-1995
US 5376854 A	27-12-1994	JP 4286657 A	12-10-1992

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01856

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 H01L41/04		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 H01L B41J G01R		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	DE 198 04 196 A (SIEMENS AG) 12. August 1999 (1999-08-12) Spalte 2, Zeile 33 - Spalte 3, Zeile 19 ---	1, 2, 6
A	US 5 097 171 A (SUZUKI YUTAKA ET AL) 17. März 1992 (1992-03-17) Spalte 7, Zeile 1 - Spalte 8, Zeile 23 ---	1, 2
A	US 5 578 761 A (CLARK JR ROBERT L ET AL) 26. November 1996 (1996-11-26) Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 43 Spalte 8, Zeile 41 - Spalte 9, Zeile 10 ---	1
A	US 5 499 541 A (HOPF GERALD ET AL) 19. März 1996 (1996-03-19) Spalte 4, Zeile 63 - Spalte 5, Zeile 33 ---	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. November 1999		11/11/1999
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5518 Patentkan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018		Bevollmächtigter Beauftragter Moualed, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01856

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 376 854 A (DOUCHI YOSHITO) 27. Dezember 1994 (1994-12-27) _____	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01856

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19804196	A	12-08-1999	WO	9940408 A	12-08-1999
US 5097171	A	17-03-1992	KEINE		
US 5578761	A	26-11-1996	KEINE		
US 5499541	A	19-03-1996	DE	4324692 A	26-01-1995
			JP	7077466 A	20-03-1995
US 5376854	A	27-12-1994	JP	4286657 A	12-10-1992